



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 199 49 713 A 1

51 Int. Cl. 7:
H 01 L 43/08
G 01 R 33/09
G 11 B 5/39

21 Aktenzeichen: 199 49 713.3
22 Anmeldetag: 15. 10. 1999
43 Offenlegungstag: 10. 5. 2001

DE 199 49 713 A 1

71 Anmelder:
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:
Grothe, Wolfgang, 75233 Tiefenbronn, DE; Haas,
Gunther, Dr., 71229 Leonberg, DE; Freitag, Martin,
Dr., 70839 Gerlingen, DE

56 Entgegenhaltungen:

DE 195 28 245 A1
DE 42 43 358 A1
DE 32 29 774 A1
US 57 83 284
US 56 80 091
EP 09 29 110 A1

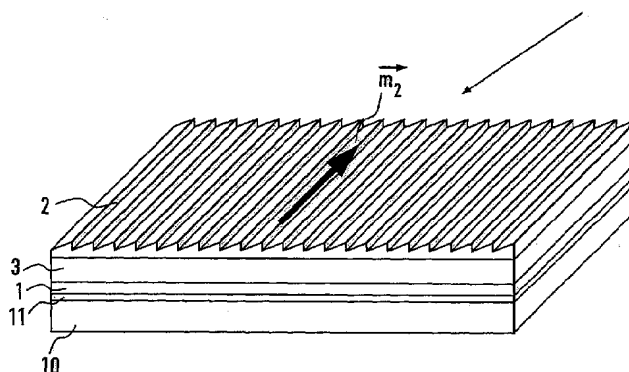
JP 09153650 A (Abstract);
JP 6-69563 A (Abstract);
JP 11087803 A (Abstract);
T. Ono, K. Shigeto et al.: "Giant Magnetoresistance of Multilayers Prepared on Replicas of V-Groove Substrates" in "Jpn. J. Appl. Phys." Vol. 36 (1997), Part 2, No. 5b, pp. L616-L618;
Tsang et al.: "Design, Fabrication and Testing of Spin-Valve Read Heads for High Density Recording" in "Transactions on Magnetics", Vol. 30, 1994, No. 6 (November 1994), pp 3801-3806;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

54 Magnetoresistives Schichtsystem

57 Es wird ein magnetoresistives Schichtsystem mit einer Referenzschicht (2), einer zu der Referenzschicht (2) benachbarten Zwischenschicht (3) und einer zu der Zwischenschicht (3) benachbarten Detektionsschicht (1) vorgeschlagen, das insbesondere zur Verwendung in einem GMR- oder TMR-Sensor, einem Magnetplattenlesekopf oder als magnetisches Speicherelement geeignet ist. Die Detektionsschicht (1) weist dabei zumindest im Bereich ihrer der Zwischenschicht (3) zugewandten Oberfläche eine erste Magnetisierung (m_1) mit einer ersten Magnetisierungsrichtung auf. Weiter weist auch die Referenzschicht (2) zumindest im Bereich ihrer der Zwischenschicht (3) zugewandten Oberfläche eine zweite Magnetisierung (m_2) mit einer zweiten Magnetisierungsrichtung auf. Die Referenzschicht (2) ist ferner zumindest oberflächlich und zumindest bereichsweise mit einer Strukturierung, insbesondere einer parallel zu der zweiten Magnetisierungsrichtung orientierten wellen- oder sägezahnförmigen Topographie versehen, die einer Änderung der zweiten Magnetisierungsrichtung entgegenwirkt. Somit bleibt die zweite Magnetisierungsrichtung unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes zumindest weitgehend unverändert, während sich die erste Magnetisierungsrichtung entsprechend der Richtung des äußeren Magnetfeldes verändert.



DE 199 49 713 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein magnetoresistives Schichtsystem nach der Gattung des Hauptanspruches.

Stand der Technik

Bekannte magnetoresistive Schichtsysteme oder Sensorelemente, die nach dem sogenannten "Spin-Valve-Prinzip" arbeiten, bestehen üblicherweise aus einer weichmagnetischen Detektionsschicht mit, einer parallel zu der Detektionsschicht gerichteten, durch ein äußeres Magnetfeld einstellbaren ersten Magnetisierung m_1 , einer hartmagnetischen Referenzschicht mit einer vorgegebenen räumlichen Ausrichtung einer zugehörigen, parallel zu der Referenzschicht gerichteten und möglichst unveränderbaren zweiten Magnetisierung m_2 , sowie einer unmagnetischen metallischen Zwischenschicht. Bei geeigneter Dimensionierung der Schichtdicken und geeigneter Materialwahl zeigt dieses System dann eine Änderung des elektrischen Widerstandes bei einem innerhalb der Ebene der Zwischenschicht fließenden elektrischen Stromes gemäß

$$R = R_0 + C \cos \theta$$

wobei θ den Winkel zwischen den Richtungen der beiden zu der Referenzschicht und der Detektionsschicht zugehörigen Magnetisierungen bezeichnet (GMR-Effekt, "Gigant Magneto Resistance"). Die Widerstandsänderung liegt typischerweise im Bereich zwischen 5% und 10% und kann durch Veränderung der Richtung der Magnetisierung m_1 , beispielsweise über ein äußeres Magnetfeld, vermessen werden.

Die hartmagnetische Referenzschicht besteht weiter üblicherweise entweder aus einer dünnen Schicht aus relativ hartmagnetischem Material, oder aus zwei übereinander liegenden Schichten in Form einer an die Zwischenschicht angrenzenden, weich- oder relativ hartmagnetischen Schicht und einer antiferromagnetischen Schicht, welche die räumliche Orientierung der Magnetisierung der an die Zwischenschicht angrenzenden magnetischen Schicht festlegt oder stabilisiert.

Die Funktion derartiger magnetoresistiver Sensorelemente beruht darauf, daß die Richtung der Magnetisierung m_1 der Detektionsschicht sich möglichst leicht und weitgehend parallel zu einer innerhalb der Ebene der Detektionsschicht liegenden Komponente eines äußeren Magnetfeldes ausrichtet, während die Richtung der Magnetisierung m_2 der Referenzschicht von derartigen äußeren Feldern möglichst unbeeinflusst bleiben sollte, damit eine zuverlässige Referenz für die Bestimmung des Winkels θ gewährleistet ist.

Bekannte magnetoresistive Sensorelemente erlauben somit das berührungslose Ausmessen von an dem Sensorelement anliegenden äußeren Magnetfeldern hinsichtlich deren Stärke und Richtung oder umgekehrt, beispielsweise zum Einsatz als magnetischer Speicher, die Einstellung einer gewünschten, zeitlich stabilen Magnetisierung der Detektionsschicht durch ein äußeres Magnetfeld.

Hinsichtlich weiterer Details zu magnetoresistiven Schichten und möglicher Anwendungen sei beispielsweise auf C. Tsang et al., "Design, Fabrication and Testing of Spin-Valve Read Heads for High Density Recording", IEEE Trans. Magn., 30, (1994), Seite 3801 ff., verwiesen.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße magnetoresistive Schichtsystem hat gegenüber dem Stand der Technik den Vorteil, daß damit

die Richtung und darüber auch die Stärke der Magnetisierung der Referenzschicht stabilisiert wird, so daß diese Richtung und damit auch die Stärke der Magnetisierung der Referenzschicht auch bei starken äußeren magnetischen Feldern stets unbeeinflusst bleibt und somit als zuverlässige und zeitlich konstante Referenz zur Verfügung steht. Die äußeren magnetischen Felder können dabei sowohl magnetische Störfelder als auch auszumessende oder definiert erzeugte Magnetfelder sein.

Somit wird vorteilhaft vermieden, daß neben einer gewünschten Veränderung der Richtung der Magnetisierung der Detektionsschicht ein äußeres Magnetfeld auch auf die Referenzschicht durchgreift und dort in der Regel zu irreversiblen Änderungen der Richtung der Magnetisierung führt, was beispielsweise die Sensoreigenschaften des magnetoresistiven Schichtsystems erheblich veränderte.

Insgesamt wird daher die Störanfälligkeit und Stabilität der Richtung der Magnetisierung in der Referenzschicht sowie die Meßgenauigkeit, insbesondere hinsichtlich der Winkelgenauigkeit und einer zeitlichen Drift, des erfindungsgemäßen magnetoresistiven Schichtsystems gegenüber dem Stand der Technik deutlich verbessert.

Gleichzeitig ist das erfindungsgemäße Schichtsystem einfach und kostengünstig in der Herstellung, wobei im einzelnen auf jeweils bekannte und gut beherrschbare Herstellungsverfahren zurückgegriffen werden kann.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen.

So ist es besonders vorteilhaft, wenn die Strukturierung der Referenzschicht eine Wellen- oder sägezahnförmige Topographie mit uniaxialer Vorzugsrichtung ist, wobei die einzelnen Wellen dieser Topographie vorteilhaft möglichst parallel zu der Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht ausgerichtet sind. Diese Form der Strukturierung führt zu einer besonders stabilen und gegenüber Störungen unempfindlichen Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht.

Weiterhin ist es vorteilhaft, wenn mindestens eine zusätzliche Stabilisierungsschicht vorgesehen ist, die der Referenzschicht benachbart ist, und die zumindest im Bereich der der Referenzschicht zugewandten Oberfläche der Stabilisierungsschicht zusätzlich einer Änderung der Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht entgegenwirkt bzw. die Richtung der Magnetisierung der Referenzschicht stabilisiert. Dies erfolgt vorteilhaft, indem als Stabilisierungsschicht eine dünne antiferromagnetische Schicht erzeugt wird, die kein resultierendes magnetisches Moment besitzt.

Damit wird diese Stabilisierungsschicht einerseits nicht durch ein beim Einsatz des magnetoresistiven Schichtsystems angelegtes äußeres Magnetfeld beeinflusst, andererseits induziert die Stabilisierungsschicht aber in an sich bekannter Weise in der benachbarten Referenzschicht die gewünschte Magnetisierung mit definierter Richtung.

Die Richtung der von der antiferromagnetischen Stabilisierungsschicht in die Referenzschicht induzierten Magnetisierung kann dabei vorteilhaft und einfach dadurch eingestellt werden, daß während der Erzeugung der antiferromagnetischen Stabilisierungsschicht ein äußeres Magnetfeld definierter Richtung angelegt wird, so daß sich die Stabilisierungsschicht in diesem Magnetfeld beim Abscheiden entsprechend der gewünschten Richtung von m_2 bereits ausrichtet, und nach der Abscheidung aufgrund des fehlenden resultierenden magnetischen Momentes der fertigen Stabilisierungsschicht durch später anliegende äußere Magnetfelder nicht mehr beeinflusst werden kann.

Die Kombination der Strukturierung der Referenzschicht, d. h. eine entsprechend der gewünschten Magnetisierungsrichtung orientierte Formanisotropie, mit der antiferroma-

netischen Stabilisierungsschicht ist dabei besonders vorteilhaft hinsichtlich einer besonders hohen Meßgenauigkeit und Störnempfindlichkeit der Referenzschicht gegenüber Magnetfeldern.

Weiterhin kann es für gewisse Anwendungen vorteilhaft sein, wenn die Zwischenschicht und die Detektionsschicht auf der bereits strukturierten Referenzschicht erzeugt werden, so daß sich die Strukturierung der Referenzschicht auf diese beiden Schichten überträgt. Dies führt vielfach zu einer Erhöhung der magnetfeldabhängigen Widerstandsänderung des erfindungsgemäßen magnetoresistiven Schichtsystems, da nunmehr ein Teil des zuvor ausschließlich in der Ebene der Zwischenschicht fließenden elektrischen Stromes senkrecht zu dieser Ebene fließt.

Im übrigen kann das erfindungsgemäße Schichtsystem in einfacher Weise auch als TMR-Sensorelement oder TMR-Speicherelement ("Tunnel Magneto Resistance") betrieben werden. Dazu ist lediglich die Zwischenschicht in Form einer dünnen dielektrischen Schicht auszubilden und ein elektrischer Strom senkrecht zu der Ebene der Zwischenschicht anzulegen. Die Zwischenschicht wirkt in diesem Fall als Tunnelbarriere, wobei vorteilhaft große Widerstandsänderungen dieser Tunnelbarriere für Ströme senkrecht zu der Ebene der Zwischenschicht als Funktion eines äußeren Magnetfeldes auftreten.

Insgesamt eignet sich das erfindungsgemäße Schichtsystem vorteilhaft zum Einsatz in einem magnetischen Speicherelement (MRAM = "Magnetic Random Access Memory"), einem Magnetplattenlesekopf, einem GMR-Sensor (GMR = "Gigant Magnetic Resistance"), einem TMR-Sensor ("Tunnel Magnetic Resistance") oder allgemein in einem magnetischen Sensor zur berührungslosen Erfassung von Weg, Geschwindigkeit und Winkelgeschwindigkeit, sowie davon abgeleiteter physikalischer Meßgrößen, beispielsweise in Kraftfahrzeugen.

Zeichnungen

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden anhand der Zeichnungen und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen **Fig. 1** ein aus dem Stand der Technik bekanntes magnetoresistives Schichtsystem, **Fig. 2** ein erstes Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen magnetoresistiven Schichtsystems, **Fig. 3** ein zweites Ausführungsbeispiel und **Fig. 4** ein drittes Ausführungsbeispiel.

Ausführungsbeispiele

Die **Fig. 1** zeigt zunächst eine Prinzipskizze eines aus dem Stand der Technik bekannten magnetoresistiven Schichtsystems mit einer Detektionsschicht **1** aus einem weichmagnetischen Material, die eine Magnetisierung m_1 aufweist, die beispielsweise die durch den Pfeil angegebene Richtung hat. Weiterhin weist das Schichtsystem eine Zwischenschicht **3** aus einem elektrisch leitfähigen, nichtmagnetischen Material auf, durch die ein Strom I in der Ebene der Zwischenschicht **3** fließt. Schließlich ist auf der Zwischenschicht **3** auf der der Detektionsschicht **1** gegenüberliegenden Seite eine Referenzschicht **2** aus einem hartmagnetischen Material aufgebracht, die eine Magnetisierung m_2 aufweist, deren Richtung beispielsweise durch den Pfeil gegeben ist.

Die **Fig. 2** zeigt in Weiterführung der **Fig. 1** als erstes Ausführungsbeispiel der Erfindung ein Substrat **10**, beispielsweise einen Wafer aus thermisch oxidiertem Silizium, auf dem zunächst in an sich bekannter Weise über eine Sputtertechnik eine Bufferschicht **11** aufgebracht worden ist, die 1 nm bis 10 nm dick ist und aus einer Schicht aus Tantal und

einer darüber abgeschiedenen Schicht aus NiFe besteht. Dabei sei jedoch betont, daß die Existenz der Bufferschicht **11** für die Erfindung nicht zwingend ist, da auf die Bufferschicht kann je nach Material des Substrates **10** und der darauf weiter abgeschiedenen Schicht des magnetoresistiven Schichtsystems auch verzichtet werden kann.

Weiter ist auf der Bufferschicht **11** eine weichmagnetische Schicht, beispielsweise aus NiFe mit einer Dicke von 0,5 nm bis 10 nm abgeschieden, die als Detektionsschicht **1** des magnetoresistiven Schichtsystems dient. Auf der Detektionsschicht **1** befindet sich dann weiter eine Zwischenschicht **3** aus einem elektrisch leitfähigen, nichtmagnetischen Material wie Kupfer mit einer Dicke von 1 nm bis 10 nm, durch die über nicht dargestellte elektrische Anschlüsse und Bauteile in an sich bekannter Weise ein elektrischer Strom I parallel zu der Ebene der Zwischenschicht **3** geleitet werden kann. Schließlich ist auf der Zwischenschicht **3** eine hartmagnetische Referenzschicht **2** abgeschieden, die beispielsweise aus Co oder NiFe möglichst homogener magnetischer Ausrichtung besteht.

Die Referenzschicht **2** wurde dabei derart aufgebracht, daß während der Abscheidung der Referenzschicht **2** ein äußeres Magnetfeld an das zu erzeugende magnetoresistive Schichtsystem angelegt wurde, so daß sich während der Abscheidung der Referenzschicht **2** eine Magnetisierung m_2 der Referenzschicht **2** einstellt, die in ihrer Stärke durch den Betrag von m_2 und in ihrer Richtung durch die Richtung der parallel zu der Ebene der Referenzschicht **2** gerichteten Komponente des äußeren Magnetfeldes charakterisiert ist. In der **Fig. 2** ist die Richtung dieser Magnetisierung m_2 beispielsweise durch den eingetragenen Pfeil gegeben. Weiterhin erfolgte die Abscheidung der Referenzschicht **2** gleichzeitig derart, daß eine Strukturierung der Referenzschicht **2** in Form einer wellen- oder sägezahnförmigen Topographie mit uniaxialer Vorzugsrichtung entsteht, wobei die einzelnen Strukturen dieser Topographie lateral möglichst weitgehend parallel zu der Richtung der Magnetisierung m_2 ausgerichtet sind.

Die Erzeugung dieser Strukturierung während der Abscheidung der Referenzschicht **2** unter gleichzeitigem Einsatz eines hinsichtlich seiner Richtung möglichst genau bekannten äußeren Magnetfeldes erfolgt dabei in an sich bekannter Weise, indem das Substrat **10** geeignet schräg gegenüber einer Sputterquelle oder einer Verdampfvorrichtung, beispielsweise einer an sich bekannten CVD- oder MBE-Vorrichtung, ausgerichtet und damit unter definiert vorgegebenem Winkel besputtert oder bevorzugt bedampft wird. In der **Fig. 2** ist diese Richtung des Bedampfens durch einen Pfeil angedeutet.

Insgesamt entsteht somit über die Art der Erzeugung der Referenzschicht **2** bereits eine uniaxiale Vorzugsrichtung der dort erzeugten Strukturierung, wobei die Vorzugsrichtung weiter möglichst parallel zu der Richtung der Magnetisierung m_2 ausgerichtet ist. Diese Strukturierung der Referenzschicht **2** bewirkt eine deutliche Stabilisierung der Richtung der Magnetisierung m_2 nach der Fertigstellung des Schichtsystems gegenüber weitgehend beliebig gerichteten äußeren Magnetfeldern. Somit ist die Richtung der Magnetisierung m_2 neben den Materialeigenschaften der Referenzschicht **2** auch durch deren Struktur gegeben.

Bei Betrieb des magnetoresistiven Schichtsystems gemäß **Fig. 1** in einem magnetoresistiven Sensorelement wird beispielsweise über ein hinsichtlich seiner Richtung zu analysierendes äußeres Magnetfeld in der Detektionsschicht **1** ein magnetisches Moment bzw. eine Magnetisierung m_1 induziert, die zumindest weitgehend parallel zu der Ebene der Detektionsschicht **1** gerichtet ist und außerdem auch zumindest weitgehend parallel zu der Richtung der in der Ebene

der Detektionsschicht **1** liegenden Komponente des äußeren Magnetfeldes ist (siehe analog zu **Fig. 1**). Weiter bleibt die Richtung der bei der Erzeugung der Referenzschicht **2** bereits eingprägten Magnetisierung m_2 von diesem äußeren Magnetfeld weitestgehend unbeeinflusst, so daß der Winkel θ zwischen den Richtungen der Magnetisierungen m_1 und m_2 ein Maß für die Richtung des äußeren Magnetfeldes ist. Dieser Winkel ist jedoch über den elektrischen Widerstand der Zwischenschicht **2** bei Anlegen eines in der Ebene der Zwischenschicht **2** fließenden elektrischen Stromes I über den GMR-Effekt meßbar.

Die **Fig. 3** zeigt als zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung eine Weiterführung des ersten Ausführungsbeispiels. Dazu wurde, bei ansonsten gleichem Aufbau, auf die Referenzschicht **2** eine zusätzliche Stabilisierschicht **4** abgeschieden, die eine Dicke von 1 nm bis 100 nm hat und aus einem antiferromagnetischen Material wie beispielsweise NiO oder IrMn besteht. Die Abscheidung dieser Stabilisierschicht **4** erfolgte nach dem Abscheiden der Referenzschicht **2**, wobei das zur Erzeugung der Magnetisierung m_2 bei dem Abscheiden der Referenzschicht **2** anliegende äußere Magnetfeld auch während des Abscheidens der Stabilisierschicht unverändert angelegt bleibt.

Somit findet beim Abscheiden der antiferromagnetischen Stabilisierschicht **4** eine einmalige, d. h. irreversible Ausrichtung dieser Stabilisierschicht **4** in dem äußeren Magnetfeld entsprechend der gewünschten Richtung der Magnetisierung m_2 statt. Da die Stabilisierschicht **4** weiter nach dem Abschluß der Erzeugung des magnetoresistiven Schichtsystems kein resultierendes magnetisches Moment aufweist und damit keine auch nach außen meßbare Magnetisierung zeigt, ist sie gegenüber angelegten äußeren Magnetfeldern unempfindlich und wird durch diese in ihrer Ausrichtung nicht mehr beeinflusst.

Die bei dem Abscheiden in dem anliegenden Magnetfeld erfolgte Ausrichtung der Stabilisierschicht **4** führt jedoch dazu, daß diese in der benachbarten Referenzschicht **2** die räumliche Orientierung der Magnetisierung m_2 in an sich bekannter Weise zusätzlich stabilisiert und teilweise auch induziert. Die Wirkung der Stabilisierschicht **4** ergänzt und verstärkt somit die Wirkung der Strukturierung der Referenzschicht **2**.

Im übrigen überträgt sich die Strukturierung der Referenzschicht **2** durch das Abscheiden der Stabilisierschicht **4** auf der Referenzschicht **2** auf diese, was auch in der Stabilisierschicht **4** zu einer uniaxialen Vorzugsrichtung parallel zu der Richtung der Magnetisierung m_2 führt. Damit ergibt sich eine weitere Verstärkung der erwünschten Stabilisierung der Richtung von m_2 gegenüber äußeren Magnetfeldern, was jedoch mit einem gegenüber **Fig. 2** erhöhten Fertigungsaufwand erkauft wird.

Im übrigen ist es bei Einsatz der Stabilisierschicht **4** ebenso möglich, während der Abscheidung der Referenzschicht **2** das die Richtung der Magnetisierung m_2 einprägende äußere Magnetfeld zunächst noch nicht anzulegen, sondern dieses erst beim Abscheiden der Stabilisierschicht **4** einzusetzen. Diese Vorgehensweise ist jedoch eher nachteilig für die Stärke und Homogenität der Ausrichtung Magnetisierung m_2 in der Referenzschicht **2**.

Die **Fig. 4** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel der Erfindung, wobei in diesem Fall gegenüber **Fig. 3** zunächst lediglich die Abfolge der Schichten **1**, **2**, **3**, **4** des magnetoresistiven Schichtsystems modifiziert wurde. So ist es beispielsweise nicht erheblich ist, ob sich die Detektionsschicht **1** oder die Referenzschicht **2** zwischen Substrat und Zwischenschicht **3** befindet.

Da jedoch in jedem Fall die Strukturierung der Referenzschicht **2** entsprechend **Fig. 2** oder **3** auch in dem Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 4** gewahrt werden muß, wurde in **Fig. 4** zunächst durch Schrägstellen des Substrates **10** mit der Bufferschicht **11** die Stabilisierschicht **4** mit einer Wellen- oder sägezahnförmigen Topographie und auf dieser dann die Referenzschicht **2** erzeugt. Auf diese beiden Schichten **2**, **4** wurde dann die Zwischenschicht **3** und die schließlich Detektionsschicht **1** abgeschieden, so daß sich die Strukturierung der Stabilisierschicht **4** auf die Referenzschicht **2**, die Zwischenschicht **3** und die Detektionsschicht **1** überträgt. Ansonsten ist das Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 4** unverändert gegenüber **Fig. 3** ausgeführt.

Das Ausführungsbeispiel gemäß **Fig. 4** hat gegenüber **Fig. 3** den Vorteil, daß ein innerhalb der Ebene der Zwischenschicht **3** geführter elektrischer Strom nun aufgrund der Strukturierung der Zwischenschicht **3** mit oberflächlich beidseitig Wellen- oder sägezahnförmiger Topographie teilweise bzw. abschnittsweise auch senkrecht zu der Ebene der Zwischenschicht **3** fließt, was zu einer Erhöhung der Änderung des elektrischen Widerstandes der Zwischenschicht **3** als Funktion eines äußeren Magnetfeldes (GMR-Effekt) führt.

Die gemäß den **Fig. 2** bis **4** erläuterten Ausführungsbeispiele lassen sich im übrigen auch dahingehend ausführen, daß die Zwischenschicht **3** aus einer dielektrischen Schicht, beispielsweise aus Al_2O_3 , mit einer Dicke von 0,5 nm bis 10 nm ausgebildet wird. In diesem Fall wird an die aufgrund der jeweiligen Materialien zumindest schwach elektrisch leitfähige Detektionsschicht **1** bzw. Referenzschicht **2** jeweils über geeignete, an sich bekannte Kontaktierungen anstelle des zuvor in der Ebene der Zwischenschicht **3** verlaufenden elektrischen Stromes ein senkrecht zu der Ebene der Zwischenschicht **3** gerichteter elektrischer Strom angelegt. Über ein äußeres Magnetfeld können dabei große magnetfeldabhängige Änderungen des elektrischen Widerstandes zwischen der Detektionsschicht **1** und der Referenzschicht **2** erzielt werden. Dieser Effekt ist auch als TMR-Effekt ("Tunnel Magneto Resistance") bekannt und macht ein derartiges magnetoresistives Schichtsystem beispielsweise in magnetischen Speicherelementen oder Magnetplattenleseköpfen einsetzbar.

Die gemäß den **Fig. 2** bis **4** erläuterten Ausführungsbeispiele lassen sich im übrigen auch dahingehend ausführen, daß die Zwischenschicht **3** aus einer dielektrischen Schicht, beispielsweise aus Al_2O_3 , mit einer Dicke von 0,5 nm bis 10 nm ausgebildet wird. In diesem Fall wird an die aufgrund der jeweiligen Materialien zumindest schwach elektrisch leitfähige Detektionsschicht **1** bzw. Referenzschicht **2** jeweils über geeignete, an sich bekannte Kontaktierungen anstelle des zuvor in der Ebene der Zwischenschicht **3** verlaufenden elektrischen Stromes ein senkrecht zu der Ebene der Zwischenschicht **3** gerichteter elektrischer Strom angelegt. Über ein äußeres Magnetfeld können dabei große magnetfeldabhängige Änderungen des elektrischen Widerstandes zwischen der Detektionsschicht **1** und der Referenzschicht **2** erzielt werden. Dieser Effekt ist auch als TMR-Effekt ("Tunnel Magneto Resistance") bekannt und macht ein derartiges magnetoresistives Schichtsystem beispielsweise in magnetischen Speicherelementen oder Magnetplattenleseköpfen einsetzbar.

Bezugszeichenliste

- 1** Detektionsschicht
- 2** Referenzschicht
- 3** Zwischenschicht
- 4** Stabilisierschicht
- 10** Substrat
- 11** Bufferschicht

Patentansprüche

1. Magnetoresistives Schichtsystem, insbesondere zur Verwendung in einem GMR- oder TMR-Sensor oder als magnetisches Speicherelement, mit einer Referenzschicht (**2**), einer zu der Referenzschicht (**2**) benachbarten Zwischenschicht (**3**) und einer zu der Zwischenschicht (**3**) benachbarten Detektionsschicht (**1**), wobei die Detektionsschicht (**1**) zumindest im Bereich ihrer der Zwischenschicht (**3**) zugewandten Oberfläche eine erste Magnetisierung (m_1) mit einer ersten Magnetisierungsrichtung aufweist und wobei die Referenzschicht (**2**) zumindest im Bereich ihrer der Zwischenschicht (**3**) zugewandten Oberfläche eine zweite Magnetisierung (m_2) mit einer zweiten Magnetisierungsrichtung aufweist, **dadurch gekennzeichnet**, daß zumindest die Referenzschicht (**2**) zumindest oberflächlich und zumindest bereichsweise mit einer Strukturierung verse-

hen ist, die einer Änderung der zweiten Magnetisierungsrichtung entgegenwirkt.

2. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Strukturierung eine wellenförmige oder sägezahnförmige Topographie ist, wobei deren Strukturen zumindest weitgehend eine uniaxiale Vorzugsrichtung aufweisen und zumindest weitgehend parallel zu der zweiten Magnetisierungsrichtung orientiert sind.

3. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionsschicht (1) auf einem insbesondere mit einer Bufferschicht (11) versehenen Substrat (10) angeordnet ist, und daß auf der Detektionsschicht (1) die Zwischenschicht (3) und auf der Zwischenschicht (3) die Referenzschicht (2) angeordnet ist.

4. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Referenzschicht (2) auf einem insbesondere mit einer Bufferschicht (11) versehenen Substrat (10) angeordnet ist, und daß auf der Referenzschicht (2) die Zwischenschicht (3) und auf der Zwischenschicht (3) die Detektionsschicht (1) angeordnet ist.

5. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionsschicht (1) zumindest einseitig eine Strukturierung, insbesondere eine wellenförmige Topographie, aufweist, die zumindest weitgehend der Strukturierung der Referenzschicht (2) entspricht.

6. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht (3) zumindest einseitig eine Strukturierung, insbesondere eine wellenförmige Topographie, aufweist, die zumindest weitgehend der Strukturierung der Referenzschicht (2) entspricht.

7. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Magnetisierungsrichtung zumindest weitgehend parallel zu der Ebene der Referenzschicht (2) und die erste Magnetisierungsrichtung zumindest weitgehend parallel zu der Ebene der Detektionsschicht (1) orientiert ist.

8. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die zweite Magnetisierungsrichtung unter dem Einwirken eines insbesondere beliebig gerichteten äußeren Magnetfeldes stets zumindest weitgehend unverändert ist.

9. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die erste Magnetisierungsrichtung unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes veränderbar ist, wobei sich die erste Magnetisierungsrichtung insbesondere derart einstellt, sie zumindest weitgehend parallel zu einer parallel zu der Ebene der Detektionsschicht (1) gerichteten Komponente des äußeren Magnetfeldes orientiert ist.

10. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Zwischenschicht (3) ein elektrisch leitfähiges Material, insbesondere ein Metall, aufweist, oder daß die Zwischenschicht (3) ein dielektrisches Material, insbesondere Al_2O_3 , aufweist.

11. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektionsschicht (1) zumindest bereichsweise ein weichmagnetisches Material, insbesondere NiFe, aufweist und/oder daß die Referenzschicht (2) zumindest bereichsweise ein hartmagnetisches Material, insbesondere Cobalt homogener magnetischer Ausrichtung, aufweist.

12. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Detekti-

onsschicht (1) zwischen 0,5 nm und 10 nm, die Dicke der Zwischenschicht (3) zwischen 1 nm und 10 nm und die Dicke der Referenzschicht (2) zwischen 0,5 nm und 10 nm liegt.

13. Magnetoresistives Schichtsystem nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Schichtsystem unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes eine Änderung des elektrischen Widerstandes der Zwischenschicht (3) aufweist, wobei die Änderung des elektrischen Widerstandes eine Funktion des Winkels zwischen der ersten Magnetisierungsrichtung (m_1) und der zweiten Magnetisierungsrichtung (m_2) ist.

14. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Widerstand der Zwischenschicht (3) derjenige elektrische Widerstand ist, der bei einem parallel oder senkrecht zu der Ebene der Zwischenschicht (3) geführten elektrischen Strom meßbar ist.

15. Magnetoresistives Schichtsystem nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eine Stabilisierschicht (4) vorgesehen ist, die der Referenzschicht (2) benachbart ist, und die zumindest bereichsweise, insbesondere im Bereich der der Referenzschicht (2) zugewandten Oberfläche der Stabilisierschicht (4), einer Änderung der zweiten Magnetisierungsrichtung (m_2) der Referenzschicht (2) unter dem Einfluß eines äußeren Magnetfeldes entgegenwirkt.

16. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabilisierschicht (4) kein resultierendes magnetisches Moment aufweist und in der Referenzschicht (2) zumindest oberflächlich eine Magnetisierung induziert, deren Magnetisierungsrichtung zu der zweiten Magnetisierungsrichtung m_2 zumindest näherungsweise parallel ist.

17. Magnetoresistives Schichtsystem nach Anspruch 15 oder 16, dadurch gekennzeichnet, daß die Stabilisierschicht (4) insbesondere im Bereich der der Referenzschicht (2) zugewandten Oberfläche ein antiferromagnetisches Material, insbesondere Nickeloxid oder IrMn, aufweist und eine Dicke von 1 nm bis 100 nm hat.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

FIG. 1

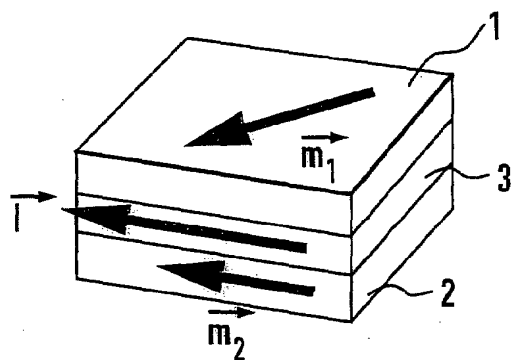


FIG. 2

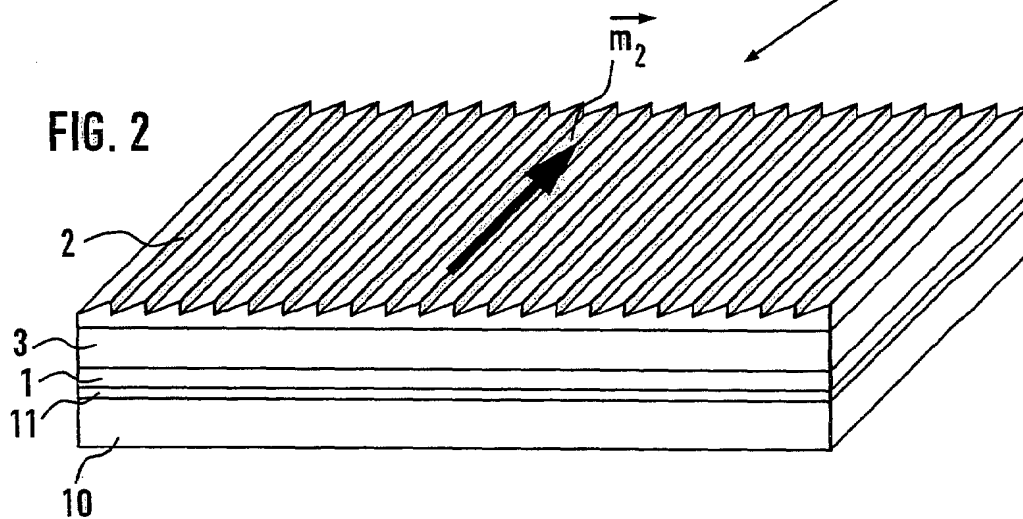


FIG. 3

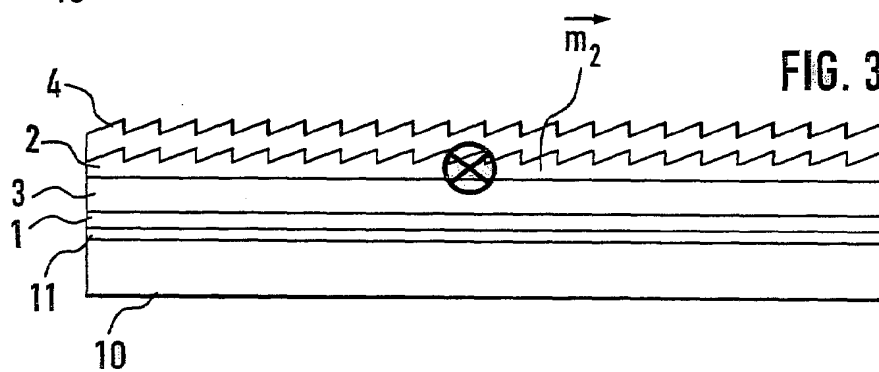
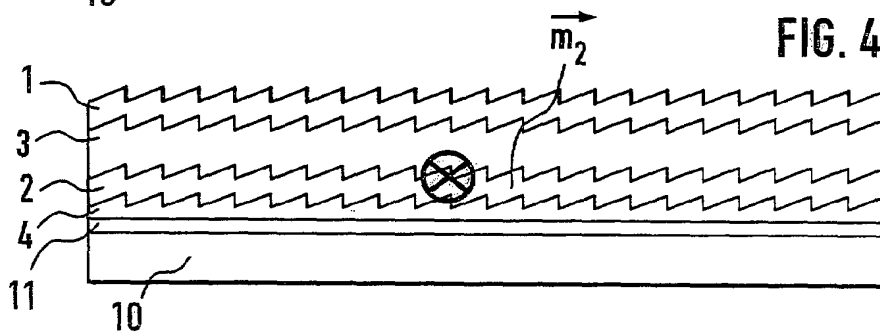


FIG. 4



Magnetoresistive layer system for giant magnetoresistive or tunnel magnetoresistive sensor or magnetic storage element, has structured surface in reference layer to prevent influence of external fields

Publication number: DE19949713

Publication date: 2001-05-10

Inventor: GROTHE WOLFGANG (DE); HAAS GUNTHER (DE); FREITAG MARTIN (DE)

Applicant: BOSCH GMBH ROBERT (DE)

Classification:

- international: **G01R33/09; G11B5/39; G11C11/15; G11C11/16; H01F10/32; H01L43/08; G01R33/06; G11B5/39; G11C11/02; H01F10/00; H01L43/08; (IPC1-7): H01L43/08; G01R33/09; G11B5/39**

- European: **G01R33/09B; G11B5/39C; G11C11/15; G11C11/16; H01F10/32N6B; Y01N4/00; Y01N12/00**

Application number: DE19991049713 19991015

Priority number(s): DE19991049713 19991015

Also published as:



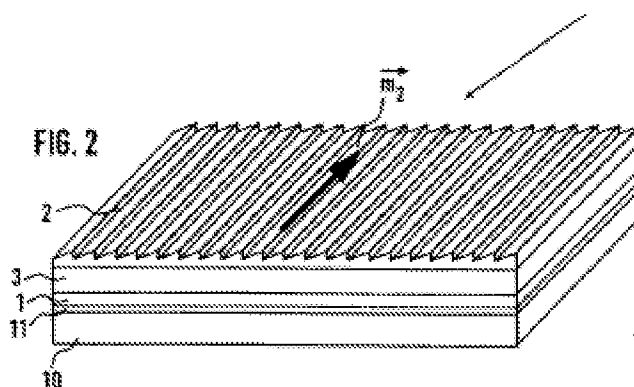
GB2360875 (A)

FR2800914 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract of **DE19949713**

The layer system consists of a reference layer (2), adjacent to an intermediate layer (3), adjacent to a detection layer (1). The detection layer is magnetized in one direction, and the reference layer in a second direction, at least in their surfaces facing the intermediate layer. At least the reference layer is provided with a structured surface which opposes changes in the second magnetization direction. The structure may have a corrugated or saw-tooth shaped topography.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide